ChinaXiv合作期刊

知识管理论坛 ISSN 2095-5472 CN11-6036/C
Knowledge Management Forum

E-mail: kmf@mail.las.ac.cn
http://www.kmf.ac.cn

chinaXiv:202310.03126v1

【学术探索】

中医药知识工程的理论体系构建和关键技术分析

◎ 于彤

中国中医科学院中医药信息研究所 北京 100700

摘要：［目的／意义］近年来中医界使用知识工程技术构建了大量富含中医药知识的数据库、文献库、本体和知识库，初步实现中医药知识体系的数字化和结构化，为中医药知识创新提供了有力的支撑。但相关工作是由中医药、医学信息学、人工智能等诸多领域的国内外学者完成的，相关文献分布广泛，缺乏系统总结。为此，针对中医药知识工程进行系统总结和综合论述，为相关领域研究人员和知识工程师提供参考。［方法／过程］阐述中医药知识工程的概念和意义，讨论知识建模、知识获取、知识存储、知识发现等一系列研究问题，展望未来的发展趋势。［结果／结论］中医药知识工程已成为中医药知识体系梳理和知识遗产保护的一种有效方法，能推动群体性的知识创新活动，加速知识转化过程，促进知识的传播。

关键词：中医药 知识工程 知识库 知识获取 知识发现

分类号：TP182

引用格式：于彤．中医药知识工程的理论体系构建和关键技术分析 [J/OL]. 知识管理论坛 , 2016, 1(5): 336-343[引用日期]. http://www.kmf.ac.cn/p/1/56/.

1 引言

中医药是中华民族的文化瑰宝，无论作为文化遗产还是作为医学资源，都理应得到保护和传承。对中医药理论知识与实践经验的总结、诠释与研究，是中医药传承的一项核心任务。知识工程（knowledge engineering）为中医药知识的组织、存储、处理和利用提供了必要的理论、方法和工具，在中医药领域具有广阔的应用前景[1-2]。

知识工程是随着信息革命而出现的一种新兴的知识管理和知识创造手段。知识工程源于人工智能领域，其最初的目标是构建基于知识的系统（或称专家系统）[1,3]。为了构建基于知识的系统，需要获取足够的专业知识，并将这些知识表示为计算机可以理解的形式，以支持自动推理和问题求解[3]。因此，知识获取、知识表示以及知识运用成为知识工程领域研究的主要问题。随着知识工程在知识管理中应用的不断深入，知识工程的研究范畴从知识库和专家系统，扩展到自由文本、半结构性数据和多媒体内容的处理。时至今日，知识工程已发展

基金项目：本文系北京市中医药科技发展资金资助项目“中医养生知识库构建及应用研究”（项目编号：JJ2014-61）和中国中医科学院中医药信息研究所基本科研业务费资助项目“中医养生知识图谱的构建方法与应用研究”（项目编号：ZZ090317）研究成果之一。

作者简介：于彤 (ORCID：0000-0002-7254-0992)，助理研究员，博士，E-mail：yutongoracle@hotmail.com。

收稿日期：2016-07-25 发表日期：2016-09-23 本文责任编辑：徐健

知识管理论坛，2016(5):336–343
DOI：10.13266/j.issn.2095–5472.2016.039

chinaXiv:202310.03126v1

为涉及知识表示与推理 [4]、语义网 [5-6] 和数据挖掘 [7] 等多个技术领域的交叉学科，在电子科学、电子商务和电子政务等许多领域得到了广泛的应用。

知识工程在中医药领域的应用起源于 20 世纪 70 年代。当代著名中医学家关幼波与计算机专家合作，于 1979 年研制了首个实用的中医专家系统——中医关幼波诊疗肝病的计算机系统，它在临床应用中取得良好效果 [8]。此后，全国兴起了一股中医专家系统研发与应用的热潮 [9]，知识工程作为专家系统的支撑技术也得到了中医界的重视。近 30 年来，中医药工作者采用知识工程方法对中医药领域的知识遗产进行广泛采集和永久保存，建成了大量的知识资源和智能系统，为中医药知识创新提供了有力的支持 [10]。为此，本文对中医药知识工程进行系统总结和综合论述，分析存在的问题和发展趋势，为相关领域学者和知识工程师提供参考。

2 中医药知识工程的概念

中医药知识工程是指将中医药知识整合存入计算机系统，以使计算机能够利用这些知识来解决中医药领域复杂问题的工程学科 [1-2]。旨在实现中医药知识的“计算机化”，并将计算机技术融入中医药知识的收集、挖掘、整理、更新、传播及转化等环节，从而丰富和完善中医药知识体系，提升中医信息系统的智能水平。之所以称之为一项“工程”，是因为这项工作涉及系统性的方法、大规模的协作、严密的流程以及复杂的产品（本体、知识库、专家系统等），这些都是系统工程的显著特征。

中医药知识来自中医专家的头脑，以及书籍、论文、病案等各种专业资料。为使中医药知识“计算机化”，需要从各种知识源中广泛获取知识，将知识进行编码并录入计算机系统；还要按照一定的结构和方案对知识进行组织和存储；最终实现专家系统、知识发现等各种计算机应用。中医药知识工程的关键环节，包括中医药知识表示方法的研究、中医药领域知识的获取、中医药知识库系统的构建、中医药知识发现研究以及中医药智能系统（如临床决策支持系统）的研发等。

中医药知识工程是中医药与信息科学（包括人工智能）相结合的产物，是多学科交叉的研究领域。它也是中医药知识管理的一项关键支撑技术，有助于实现中医药知识管理与服务模式的创新。

3 中医药知识工程的意义

中医药知识工程有利于开拓临床思路，支持临床决策，研究中医理论，丰富教学内容，指导实验研究，促进中医药知识传承与创新 [1-2]。具体而言，中医药知识工程可在以下三大方面发挥积极作用。

3.1 梳理知识体系，保护知识遗产

中医药知识遗产具有很高的科学和文化价值，但其知识体系尚存在模糊笼统之处。只有对中医药知识遗产进行系统梳理，去芜存菁，才能凸显中医药知识的精华之处。使用语义网络、描述逻辑等知识表示方法，能够精确描述中医思维逻辑，建立数字化的中医药知识体系，这对中医药学科发展具有十分重要的意义。

3.2 促进知识传承，加速人才培养

中医传承的核心问题是如何将中医名家的个人经验转化成普遍的知识，从而培养更多经验丰富的名医，提升中医界的整体水平。中医药知识工程旨在系统总结前人经验，将历代医家的智慧结晶转化为全面、系统的领域知识库，研发中医辅助学习系统，以提升初学者的学习效率，促进专业医师之间的交流，从而突破中医传承的瓶颈。

3.3 发现新知识，促进学科发展

通过实施中医药知识工程，可对中医药信息化过程中积累的海量数据进行分析与挖掘，建立跨越年代、流派、学说和病证的整体性知识模型，从而加深我们对中医辨证论治规律的认识，使中医药领域两千多年来积累的知识遗产得到有效整理和挖掘。

chinaXiv:202310.03126v1

4 中医药知识工程的理论体系构建

中医药知识工程研究的核心任务是利用信息科学的理论和方法，对中医药知识体系的全部内容进行系统梳理和准确表达。可以说，中医药知识工程所研究和处理的核心对象就是中医药知识体系。两千多年以前的《黄帝内经》奠定了中医学的理论基础；经过两千年的发展，至今已经形成了一个以中国古代哲学为基础，以中医药学理论为架构，以临床实践经验为主体的知识体系 [2]。

中医药知识体系有其自身特点和复杂性，对知识工程技术产生了独特的需求。中医特色的思想方法、含义模糊的中医概念以及中医专家的隐性知识都对知识表达、知识获取和知识利用产生重大影响和制约。因此，面向西医等其他领域的知识工程方法并不完全适用于中医药领域。中医药知识工程领域迫切需要一套符合自身特点的理论和方法，从而有效处理中医药知识的模糊性和复杂性，支持标准化知识体系的建设。因此，有必要对中医药知识工程的理论思想进行深入研究和系统总结，从而指导中医药知识的建模、获取、组织、存储、共享与服务等一系列工程实践活动。建立中医药知识工程的理论体系是一项繁重、长期的工作。本文主要围绕思维模拟、知识表示、知识获取、知识发现等 4 个主要方面，对中医药知识工程的理论思想、研究热点以及核心概念意涵进行简要论述，为今后的理论研究工作提供参考。

4.1 中医思维模拟研究

中医思维模拟是指在对中医思维进行深入分析的基础上，用计算机系统对中医的思维过程进行模拟，从而完成计算机辅助诊疗等复杂任务。中医深受中华传统哲学和文化的影响，产生了独特的思想方法和思维模式，包括“天人合一”“取象比类”以及“辨证论治”等等。中医药知识体系是中医思维的直接产物。开展中医药知识工程研究，首先需要深入理解中医的核心思维模式。

中医思维是一个复杂的思维过程，具有形象性、模糊性和整体性等特点，需要针对这些特点提出创新性的思维模拟方法。例如，“取象比类”是贯穿中医知识体系的思维模式，与中医其他的思想方法共同构成了中医“象思维”。在中医药知识工程领域，需要追溯中医“象思维”的思想源流，并采用认知语言学等学科方法对其进行分析，据此提出与之相适应的计算机模拟方法 [11]。又如，中医辨证思维是一个涉及分析、综合、推理、归类、鉴别的复杂思维过程，需要将中医辨证理论与实际的病案结合起来进行分析，总结中医辨证思维的规律，从而建立合理、准确的中医辨证计算模型 [12]。思维模拟研究在中医临床诊疗等领域具有潜在的应用价值。但首先需要在临床实践中对计算机建立的中医思维模型加以检验，以验证其准确性和实用性。

4.2 中医药知识表示研究

知识表示（knowledge representation）是指通过某种方案、数据格式或语言，将领域知识表达为计算机可直接处理的数据。知识表示处于知识工程的中心地位，它既是知识获取的基础，又是知识存储和运用的前提。为实现基于知识的系统，必须将领域知识表示为某种计算机可处理的形式，并录入到计算机系统中去，存储于知识库之中。知识表示的合理性直接决定知识处理的效率，对知识获取和应用的效果也有很大的影响。

广义上，知识表示的目标就是实现人类知识的显性化、机读化和结构化，从而支持自动推理，知识检索和知识发现等应用。知识表示方法有很多种，包括状态空间、谓词逻辑、框架、产生式、语义网络、与或图、Petri 网等。这些方法适用于表示不同类型的知识，从而被用于各种不同的应用领域。如何选取或提出合理的知识表示方法，用最恰当的形式来表示中医证候、中药、针灸、温病、养生等各方面的知识，是中医药知识表示研究的重点问题。

目前，知识工程领域的一种主流观点是将建立一个知识系统的过程视为一种“建模”活动。知识建模（knowledge modeling）是指采用某种

ChinaXiv合作期刊
知识管理论坛，2016(5):336-343
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2016.039

chinaXiv:202310.03126v1

计算机方法构建一个"知识模型"，它在特定领域中能像专家那样解决问题。其本质是通过模型来表示知识，因此属于一种形式化的知识表示方法。近年来，采用本体等技术建立知识模型，已成为中医药知识分析的一种常用手段，也是中医药知识表示研究的一个主要方向[13-14]。

4.3 中医药知识获取研究

知识获取（knowledge acquisition）是指从专门的知识源中全面、系统地获取知识，并将其转换为某种计算机可处理的形式（如程序、规则、本体等）[15-16]。这里的知识源可以是人类专家，也可以是案例、教科书、论文、数据库、网站等知识载体。一般情况下，知识获取需要由"知识工程师（knowledge engineer）"与领域专家配合，共同来完成工作。知识工程师的任务是帮助领域专家激活隐性知识，完成知识的转换，建立基于知识的系统。

知识工程的一个典型场景是：一组知识工程师找到并访问特定领域的专家，听取专家的介绍，记录专家的经验性知识并将其表达为计算机可处理的形式，存入知识库中。将知识库与推理引擎结合起来，也就构成了一个新的专家系统。知识获取也必然涉及知识验证的问题：知识工程师需要对知识进行评审和验证，以确保知识的准确性。

知识获取是任何知识管理和知识工程的基础性工作。在中医药领域，知名老中医的经验和古籍文献占有重要地位，是知识获取的重点对象。一方面，知名老中医知识和经验的获取，是中医药知识获取的重要环节。它属于专家认知获取的范畴，也就是将专家头脑中隐含的知识转换为某种形式的显性知识的过程。另一方面，中医药领域产生了海量的古籍文献。古籍数字化对于中医药信息的快捷传播和永久保存具有重要意义。如何从数字化的古籍文本中有效提取中医药知识，则是知识工程所关注的问题。无论是通过专家访谈等方法获取领域专家的经验和实践方法，还是查阅大量文献搜集领域知识，都是复杂的、繁琐的工作，且多数情况下只能通过人工方法完成。因此，知识获取是中医药知识工程领域中面临的关键瓶颈[16]。如何突破"知识获取"瓶颈，也就成为知识工程研究的一个热点问题。

4.4 中医药知识运用研究

知识运用是指将领域知识库以及机器推理、知识发现等技术运用于科研、临床、教学等领域，辅助中医药工作者解决复杂问题并提升工作效率。知识工程在中医药领域的具体应用包括：四诊客观化研究、中医辨证规范化研究、方剂量效关系分析、中药新药发现、中医临床诊疗、中医教学等等。为使知识工程的成果产生社会效益和经济效益，促进中医药知识创新和学科发展，必须研究如何运用知识的问题。知识工程学不能逐一研究具体应用的过程或方法，而是研究在各种应用中都可能用到的共性方法，包括知识推理、知识搜索、知识发现、知识服务等。

传统上知识运用研究的一个中心问题是如何构建专家系统。中医专家系统是指用计算机人工智能技术来模拟著名老中医诊疗病人的临床经验，从而使该软件具有专家诊治病人的水平[8]。如前文所述，随着"中医关幼波诊疗肝病的计算机系统"的出现，全国兴起了一股研发中医专家系统的热潮。据陆志平等[9]估计，中医专家系统已不下300个，并遍及中医的内、外、妇、儿、五官以及针灸等各科。专家系统能对中医四诊信息进行处理和解释，并产生临床推荐意见和临床警示，可用于辅助职业医师进行临床决策。该系统的构建涉及知识获取、机器学习、知识推理、知识搜索等多方面的理论和方法学研究。

自20世纪90年代开始，随着数据库技术的普及以及数据库内容的不断积累，使业务人员产生了从数据库中挖掘知识的愿望。为此，学者们将数据库技术与人工智能、统计学、机器学习等传统技术相互融合，产生了知识发现这一交叉学科[17]。知识发现（knowledge discovery in database，KDD），可被理解为"数据库中的



知识管理论坛
2016 年 第 5 期(总第 5 期)

chinaXiv:202310.03126v1

知识发现”。近年来，中医团体探索将各种 KDD 方法应用于中医药领域。KDD 被用于研究方剂配伍规律 [18]，辅助中医开具中药处方 [19]，解释中医证候的本质 [20-21]，以及辅助基于中医药的新药研发 [22]，都取得了良好的效果。KDD 作为中医药知识分析和科研创新的一种新方法，也成为中医药知识运用研究的一个热点。

5 中医药知识工程的关键技术分析

中医药知识工程将本体（ontology）、文本挖掘（text mining）、语义网（semantic Web）等多种信息技术与中医药领域知识相结合，以促进中医药知识的创造、管理和运用。在下文中，围绕知识建模、知识获取、知识存储、知识发现等 4 个主要方面，对中医药知识工程中涉及的关键技术进行具体分析。

5.1 中医药知识建模技术

知识建模是将领域知识表达为计算机可处理模型（即知识模型）的过程，它是知识工程的基础。中医药知识体系与中华传统文化息息相关，具有鲜明的文化和语言特色，这决定了中医药知识建模的独特性。历代中医普遍采用“取向比类”等形象思维方法，中医药概念之间的关系错综复杂，中医文献中包含大量古汉语成分，这些因素导致中医药知识难于精确描述和定量刻画。需要对知识建模的方法和技术进行创新，并研究出一套符合中医药特点的知识建模框架，以支持中医药知识工程的实施以及知识服务平台的建设。

知识建模技术有很多种，技术人员所熟知的统一建模语言（UML）和实体关系模型（ER 模型）都属于知识模型。本体是 1990 年代出现的知识建模方法，其核心任务是对领域概念体系进行系统梳理和准确表达 [13]。本体在复杂知识建模和自动推理等方面体现出技术优势，因此在生物医学领域逐渐成为主流技术。

近年来，中医药知识工程的一个热点是通过构建中医药领域本体，对中医药理论和知识体系进行辨认、梳理、澄清和永久保真处理。中医团体已经开展了基于本体的中医药知识建模方法研究，并实际构建了一系列领域本体 [14]。例如，中国中医科学院中医药信息研究所研制了“中医药学语言系统（Traditional Chinese Medicine Language System，TCMLS）”这一大型中医药领域本体 [23]。TCMLS 对中医药领域的概念和术语系统进行了完整的表达，在中医药学研究中得到广泛应用。此外，本体建模的对象还包括阴阳、五行、脏腑、证候、中药、方剂等诸多领域。这些本体最终可被整合为一个完整的中医药领域本体，支持知识获取、知识发现、知识服务等中医药知识工程的后续工作。实践表明，本体可有效捕捉中医药领域的概念体系，并以概念为核心将中医药知识体系准确地表达出来，能够胜任中医药领域知识建模的任务。

5.2 中医药知识获取技术

如上文所述，中医药知识获取是一项复杂的工作，被公认为知识处理过程中的一个瓶颈，严重限制了知识工程和知识系统的发展。近年来，学者们主要试图通过“集体智能”和“机器智能”这两条路径来突破中医药领域的知识获取瓶颈。

“集体智能”是指组织大量领域专家一起编辑知识库，从而实现专家知识的共享与融合。实现集体智慧的关键在于建立合理的交流、协作和激励机制。随着互联网的迅速推广，中医界开始利用互联网技术建立各种面向中医药领域的知识工程平台，进行跨学科、跨组织、跨地域的协作式知识加工，开展了一系列大规模的知识工程项目，建成了一系列术语系统、领域本体、文献库、数据库和知识库。例如，中国中医科学院中医药信息研究所建立了基于互联网的“中医药虚拟研究院”，部署了一个协同知识工程平台，支持全国 40 余家机构，近 300 人进行协同工作 [24-25]。在该系统的直接支持下，研制了“中医药学语言系统”[23] 等一系列大型知识系统。实践表明，基于互联网的虚拟环境能将不同机构、不同地区的研究人员组织起来，有

ChinaXiv合作期刊

知识管理论坛，2016(5):336-343
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2016.039

chinaXiv:202310.03126v1

效解决资金分散、缺乏协调、研发能力不足等问题，实现知识工程的规模化[25]。

"机器智能"是指研发文本挖掘技术，使机器能够直接从文献等知识载体中提取结构性知识。文本挖掘在中医药领域已得到成功应用，能够显著提升知识库加工的效率[26]。但与生物医学领域的大量研究工作[27]相比，文本挖掘在中医药领域的应用仍处于早期探索阶段。需要针对中医药文献的特点，进一步研发实用的挖掘方法，提升挖掘结果的完整性和准确性，从而深度挖掘中医药文献中蕴含的知识。

5.3 中医药知识存储技术

知识存储（knowledge storage）特指在计算机系统中安全、可靠、有序地存储知识资源，以支持知识管理和知识工程应用。知识库是实现知识存储的重要支撑工具，也是知识工程的重中之重。知识库一般是针对特定领域以及问题求解而建立的，对领域知识进行全面收集和系统整理，进而对知识进行组织、分类和保存，以支持知识检索和查询。

构建中医知识库系统，是指用人工智能技术把中医药理论和专家的经验按规范化、标准化的格式组建成知识库[8]。知识库一般具有形式化、结构化、易查询、易操作等特点，能支持机器推理。传统上知识库主要是指采用谓词逻辑、框架等知识表示方法，在计算机系统中表示和存储的知识集合。但在中医药信息化实践中，人们也把文献库、数据库、本体等多种形式的知识载体统称为"知识库"。它们都能起到知识存储的作用，与自然语言处理、机器学习等方法相结合后仍可支持智能应用，因此称之为广义的知识库也不为过。

近年来，中医药知识库建设得到迅猛发展，在中医人体、中医疾病、中医证候、中医医案、中药、中医养生等方面都出现了知识库系统[28]。中医药知识库在中医药信息化中扮演着核心的角色，在文献整理、知识可视化、知识共享、临床诊疗、教学、研究等诸多方面取得实际应用，为中医药知识遗产的数字化保存和深度挖掘提供了创新性的手段。

5.4 中医药知识发现技术

知识发现是从数据中获取有效、新颖、有潜在应用价值和最终可理解模式的非平凡过程[17]。知识发现是人工智能、数据库、统计学、机器学习等多种技术相互交叉产物。知识发现在20世纪90年代提出之后，获得了广泛关注和迅速发展，产生了高频集、关联分析、分类、预测、聚类、孤立点分析、时序 / 序列分析等一系列行之有效的方法，还出现了 Weka、Rapidminer 等较为成熟的开源软件。这为知识发现技术在中医药领域的应用创造了条件。

中医在数千年的临床实践与理论研究中积累了海量的数据、文献和知识。如何利用这些宝贵资源就成了发展中医药必须面对的一个问题。而 KDD 所擅长的正是从海量的数据中寻找有意义的模式和知识，是分析中医药海量数据所需的理想技术手段。近年来，中医团体已开展了将频繁模式发现、关联规则发现、聚类分析、复杂网络分析等多种 KDD 方法引入中医药领域的若干探索。例如，使用关联规则发现等方法对方剂数据进行分析，来揭示方剂配伍规律[18]；通过知识发现方法辅助中医开具中药处方[19]以及中药新药研发[22]；通过基于隐结构模型的机器学习方法来揭示中医证候的本质[21]；使用文本挖掘方法从海量文献中挖掘新颖知识，构建并分析中医药复杂网络[20]。这些工作表明，面对中医药领域的海量数据，采用 KDD 技术进行有效的知识发现既是必要的，也是可行的[29]。

经过20多年的发展，中医药知识发现的方法和技术已进入相对成熟期，针对中医药领域的各种问题都产生了一系列行之有效的方法。但成熟并不意味着完善，面对中医药数据描述多样化、数据仍不完备的特点，仍然需要对现有的 KDD 技术进行改进和发展，以满足中医药科学研究和知识创新的需要。

6 中医药知识工程的发展趋势

近年来，中医药知识工程实践取得长足发

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202310.03126v1

展，成功建立了大量的知识资源。但中医药知识资源往往服务于特定的医疗和研究机构，彼此之间异质、异构，难以实现集成与共享，形成严重的“知识孤岛”现象，成为长期困扰中医药知识工程领域的技术难题。中医药与西医等相关领域的知识资源也难以实现有效的关联，阻碍了跨学科研究的开展。

为此，学者们[6,30]提出使用语义网作为中医药数据表示标准，实现中医药内部的知识整合以及中西医领域的知识互联，从根本上解决“知识孤岛”问题。2001 年，万维网发明人（T.B. Lee）在《科学美国人》上正式提出了语义网的构想，认为它将是一个机器可以理解的开放性信息空间[5]。语义网技术的核心优势在于将数据结构和存储方式各异的数据转换为统一格式并重新发布，从而实现数据资源的交换与集成。语义网为实现跨领域知识关联提供了理想的技术平台，有助于构建面向特定领域的大规模知识图谱，进而实现各领域知识图谱的关联与融合。语义网最终将发展为一个全球性的知识图谱，提供全面、智能的知识检索服务，促进知识共享和人机协作。

可基于语义网技术建立中医药知识图谱，从而实现中医疾病、中药、方剂、针灸、医案等中医药各门类知识资源的集成[30-31]。TCMLS 作为一个包含 10 余万个中医概念以及 100 余万个语义关系的大型语义网络，为构建中医药知识图谱提供了相对完整的框架。鉴于此，于彤等[31]提出以中医药学语言系统为骨架，将中医药领域现有的术语资源和数据库资源融合起来，构成大规模知识图谱，并实现基于知识图谱的知识检索、知识展示和知识服务等功能。在未来，可进一步扩充中医药知识图谱，通过语义关系表达中医和西医之间的结合点，从而实现这两个领域的知识图谱的关联和融合。这套方法将使中医药知识资源接入全球互联的知识图谱之中，支持各种面向结合医学的知识共享、决策支持和知识发现应用，在中西医结合医学中发挥更大的作用和影响力。

6 小结

中医药根植于中华文化，源于中国传统哲学，是中华民族非常宝贵的知识遗产。中医药知识工程成为中医药知识遗产保护和知识创造的一种新模式，能有效推动群体性的知识创新活动，加速知识转化过程，促进知识的传播。

中医药经过数千年的发展，形成了一座伟大的知识宝库，这决定了中医药知识工程的巨大价值和艰巨性。中医药领域知识体系相当复杂，对知识工程技术提出了独特的需求。在中医药领域实施知识工程是一项极其复杂且具有挑战性的工作，其中还有很多尚未解决的科学问题和技术难题，需要进行长期的研究。展望未来，中医药知识工程必将成为中医药信息学学科体系的重要组成部分，也将在中医药科学研究和临床实践中发挥越来越重要的作用。

参考文献：

[1] 任廷革 , 刘晓峰 , 李庆业 , 等 . 从复方分析模型的研究看中医知识工程的意义 [J]. 中国中医药信息杂志 , 1999, 6(3): 12-13.
[2] 杨斌 . 中医知识工程的建立及其意义 [J]. 世界科学技术——中医药现代化 , 2000, 2(4): 28-30.
[3] SCHREIBER G, AKKERMANS H, ANJEWIERDEN A, et al. Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology [M]. 1st ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 2000.
[4] BRACHMAN R, Levesque H. Knowledge representation and reasoning [M].San Francisco：Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2004.
[5] BERNERS-LEE T, HENDLER J, LASSILA O. The semantic Web [J]. Scientific American, 2001, 284(5): 28-37.
[6] 于彤 , 崔蒙 , 李敬华 . 语义 Web 在中医药领域的应用研究综述 [J]. 世界中医药 , 2013, 8(1): 107-109.
[7] FAYYAD U, PIATETSKY-SHAPIRO G, SMYTH P. From data mining to knowledge discovery in databases[J]. AI magazine, 1996, 17(3): 37-54.
[8] 马斌荣 . 中医专家系统与中医知识库 [M]. 北京 : 北京出版社 , 1997.
[9] 陆志平 , 李媛媛 , 魏方方 , 等 . 人工智能、专家系统与中医专家系统 [J]. 医学信息 , 2004, 17(8): 458-459.
[10] 孙燕 . 中医知识工程研究进展分析 [M]. 中国中医药信息杂志 , 2010, 17(12): 5-6.
[11] 于彤 , 陈华钧 , 顾珮嵚 , 等 . 中医象思维的 OWL 语义建模 [J]. 中国数字医学 , 2013, 8(4): 29-33.
[12] 于彤 , 崔蒙 , 吴朝晖 , 等 . 基于语义 Web 的中医临床知

ChinaXiv合作期刊

知识管理论坛，2016(5):336–343
DOI：10.13266/j.issn.2095–5472.2016.039

识建模 [J]. 中国数字医学 , 2013, 8(11):81-85.
[13] GRUBER T R. A translation approach to portable ontology specifications[J]. Knowledge acquisition, 1993, 5(2): 199-220.
[14] 李兵 , 裘俭 , 张华敏 , 等 . 中医药领域本体研究概述 [J]. 中国中医药信息杂志 , 2010, 17(3):100-101,106.
[15] 路耀华 . 思维模拟与知识工程 [M]. 北京 : 清华大学出版社 , 1997.
[16] 陈瑜 . 试论中医药领域的知识获取 [J]. 医学信息学杂志 , 2013, 34(3): 89-92.
[17] FAN J, LI D. An overview of data mining and knowledge discovery[J]. Journal of computer science and technology, 1998, 13(4): 348-368.
[18] 李文林 , 段金廒 , 赵国平 , 等 . 方剂配伍规律数据挖掘的研究现状及思考 [J]. 中国中医药信息杂志 , 2008, 15(10):92-94.
[19] QIAO S, TANG C, JIN H, et al. KISTCM: knowledge discovery system for traditional Chinese medicine[J]. Applied intelligence, 2010, 32(3):346-363.
[20] ZHOU X, LIU B, WU Z, et al. Integrative mining of traditional Chinese medicine literature and MEDLINE for functional gene networks [J]. Artificial intelligence in medicine, 2007, 41(2):87-104.
[21] ZHANG N, YUAN S, CHEN T, et al. Latent tree models and diagnosis in traditional Chinese medicine[J]. Artificial intelligence in medicine, 2008, 42(3):229-245.
[22] 雷蕾 , 张慧敏 , 崔蒙 , 等 . 中医药化学辅助研发系统的建设 [J]. 中国中医药信息杂志 , 2008, 15(8): 100-101.
[23] 于彤 , 贾李蓉 , 刘静 , 等 . 中医药学语言系统研究综述 [J]. 中国中医药图书情报杂志 , 2015, 39(6): 56-60.
[24] 崔蒙 , 谢琪 , 尹爱宁 , 等 . 中医药信息数字化虚拟研究院建设模式研究 [J]. 上海中医药大学学报 , 2008, 23(3):5-8.
[25] 尹爱宁 , 崔蒙 , 范为宇 , 等 . 中医药虚拟研究院 [J]. 国际中医中药杂志 , 2006, 28(3): 141-143.
[26] ZHOU X, PENG Y, LIU B. Text mining for traditional Chinese medical knowledge discovery: a survey[J]. Journal of biomedical informatics, 2010, 43(4): 650-660.
[27] REBHOLZSCHUHMANN D, OELLRICH A, HOEHNDORF R. Text-mining solutions for biomedical research: enabling integrative biology[J]. Nature reviews genetics, 2012, 13(12): 829-39.
[28] 于彤 , 杨硕 , 李敬华 . 中医药知识库系统研究进展综述 [J]. 中国医学创新 , 2014, 11(18): 142-144.
[29] 吴朝晖 , 封毅 . 数据库中知识发现在中医药领域的若干探索（Ⅰ）[J]. 中国中医药信息杂志 , 2005, 12(10): 93-95.
[30] CHEUNG K, CHEN H. Semantic Web for data harmonization in Chinese medicine [J]. Chinese Medicine, 2010, 5(1):1-5.
[31] 于彤 , 刘静 , 贾李蓉 , 等 . 大型中医药知识图谱构建研究 [J]. 中国数字医学 , 2015, 10(3): 80-82.

Knowledge Engineering for Traditional Chinese Medicine: A Review of Theoretical System and Key Technologies

Yu Tong
Information Institute of Traditional Chinese Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700

Abstract: [Purpose/significance] In the traditional Chinese medicine (TCM) domain, the methods and technologies of knowledge engineering are used to construct a large number of knowledge resources such as libraries, knowledge bases, ontologies, and databases, which are valuable for TCM knowledge innovation. However, the related works are done by the domestic and foreign scholars in the field of TCM, medical informatics, artificial intelligence and so on, and are short of systematic summaries. Therefore, this paper presents a systemic summary and a comprehensive review of TCM knowledge engineering in order to provide references for TCM informatics researchers and knowledge engineers. **[Method/process]** This paper explained the concept and significance of TCM knowledge engineering, discussed a series of research topics such as knowledge modeling, knowledge acquisition, knowledge storage, knowledge discovery, and analyzed technology trends and future directions. **[Result/conclusion]** TCM knowledge engineering has become an effective method for protecting intellectual heritage, facilitating knowledge innovation activities, accelerating the knowledge transformation process, and promoting knowledge dissemination.

Keywords: traditional Chinese medicine　knowledge engineering　knowledge base　knowledge acquisition　knowledge discovery

chinaXiv:202310.03126v1